



Agroindustrial Science

Agroind Sci 4 (2014)

Escuela de Ingeniería
Agroindustrial

Universidad Nacional de Trujillo

Optimización por diseño de mezclas de la aceptabilidad de una galleta enriquecida con quinua (*Chenopodium quinoa*), soya (*Glycine max*) y cacao (*Theobroma cacao* L.)

Optimization by mixtures design of the acceptability of an enriched cookie with quinoa (*Chenopodium quinoa*), soybean (*Glycine max*) and cocoa (*Theobroma cacao* L.)

Lía Velásquez*, Victor Aredo, Yesica Caipo, Eduardo Paredes

Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias (Universidad Nacional de Trujillo) Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Trujillo Perú

Recibido 02 marzo 2014; Aceptado 29 junio 2014

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue formular una galleta enriquecida de alta aceptabilidad mediante la sustitución parcial (15%) de harina de trigo por harina de quinua, soya y cacao; la evaluación de la aceptabilidad general de la galleta fue realizada por 30 panelistas no entrenados. Para la optimización se empleó un Diseño de Mezclas Simplex con Centroide Ampliado. En este sentido, diez tipos de galleta fueron evaluadas, encontrando que se logra la optimización de la aceptabilidad general, cuando los componentes se encuentran en los siguientes rangos: 14.1% -15% harina de quinua, 0%-1.5% harina de soya y 0%- 0.9% harina de cacao.

Palabras clave: optimización, diseño de mezclas, evaluación sensorial, galleta enriquecida.

ABSTRACT

The aim of this work was to develop an enriched cookie of high acceptability by partial substitution (15%) of wheat flour by quinoa, soybean and cocoa flour; the acceptability was assessed by 30 untrained panelists. In the optimization was employed a Design of Mixtures Simplex with Amplified Centroid. In that sense, ten types of cookie were evaluated, finding that optimizing general acceptability was achieved when the components are in the following ranges: 14.1% -15% quinoa flour, 0% -1.5% soybeans flour and 0% - 0.9% cocoa flour.

Keywords: optimization, design of mixtures, sensorial evaluation, enriched cookie.

1. Introducción

El mercado de galletas está en expansión, debido a que la industria satisface las expectativas cambiantes del consumidor; en décadas pasadas lo más importante era la diversificación (nuevos diseños y sabores), mientras que ahora se exige productos más saludables, es así que las empresas

buscan desarrollar galletas con alto valor nutritivo, mayor contenido de fibra, bajas en calorías, sin comprometer su aceptabilidad sensorial (Gonzalo, 2009; García y Pacheco, 2007; Maldonado y Pacheco, 2000). En este contexto, actualmente el desarrollo de galletas, consiste en la sustitución parcial de la harina de trigo por harinas de materias primas no tradicionales de bajo costo y alto valor nutricional, tales

* Autor para correspondencia
Email: liaethel.vc@gmail.com (L. Velásquez)

como: harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) (García y Pacheco, 2007); harina de haba (*Vicia faba* L.) (Arévalo y Catucuamba, 2007); harina de yuca (*Manihot esculenta*) (Benítez *et al.*, 2008); harina de quinua (*Chenopodium quinoa wild*) (Mosquera, 2009); harina de cotiledón de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz) (Escobar *et al.*, 2009); harina de papa (*Solanum tuberosum*) (Ceron *et al.*, 2014), o una mezcla de varias harinas (Ortega *et al.*, 2013).

La quinua es un alimento nativo de los países de la región andina que está ampliando su presencia en el extranjero. Según FAO (2013), la quinua es única por la calidad de sus semillas que pueden comerse como grano, cocinada, o se transforma en harina para utilizar en pan, bebidas o papillas. Nutricionalmente, la quinua destaca por ser fuente de proteínas de calidad, fibra dietética, grasas poliinsaturadas, minerales, con un aporte energético similar a los frijoles, maíz, arroz o trigo.

La soya es la fuente más abundante de proteínas vegetales, que además de ser de gran calidad, tienen un adecuado contenido de aminoácidos esenciales que representan beneficios importantes para la salud (Luna, 2006). La soya ha encontrado gran aplicación en prácticamente todos los sistemas alimentarios, incluyendo la panificación, ya que la harina de soya y las proteínas de soya mejoran el valor nutritivo de galletas, panes, pasteles, pasteles y otros productos de panadería (González, 2006).

El cacao producido en Perú es de tipo aromático, con un contenido graso cercano al 57%, lo cual le confiere un alto valor comercial (MINCETUR, 2010). Al transformarse en polvo de cacao representa una de las materias primas con amplia presencia en la

industria galletera, cuya calidad depende del cuidado y destreza con la que se procesan las almendras del cacao después de la recolección, fermentación, secado, tostado y desgrasado parcial por retiro de la manteca (Pezo, 1998).

El delineamiento y el análisis de mezclas es una metodología para el desarrollo y optimización de los productos alimenticios (Gordillo *et al.*, 2012). El diseño experimental de mezclas, permite aplicar el criterio, que la suma de las proporciones de los componentes es el 100% y que la modificación de un porcentaje afecta los otros; por lo cual, las características de calidad de un producto alimenticio normalmente dependerán de las proporciones de los ingredientes individuales que están presentes en las formulaciones (Gordillo *et al.*, 2012; Rojas *et al.*, 2012).

Es así que el objetivo de este trabajo fue formular una galleta de alta aceptabilidad, mediante la sustitución parcial de harina de trigo por diferentes proporciones de harinas de quinua, soya y cacao, empleando la metodología del Diseño de Mezclas.

2. Materiales y métodos

Formulación base para la elaboración de galletas

La formulación consistió en los siguientes porcentajes: harina 61% (harina de trigo 46 % más harina de quinua, soya y cacao, solos o en mezcla 15 %), mantequilla 4 %, yema de huevo 13%, azúcar 21.3% y polvo de hornear 0.7%. Las galletas fueron elaboradas en el Laboratorio de Cereales y Leguminosas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Trujillo, siguiendo el diagrama de flujo de la Figura 1.

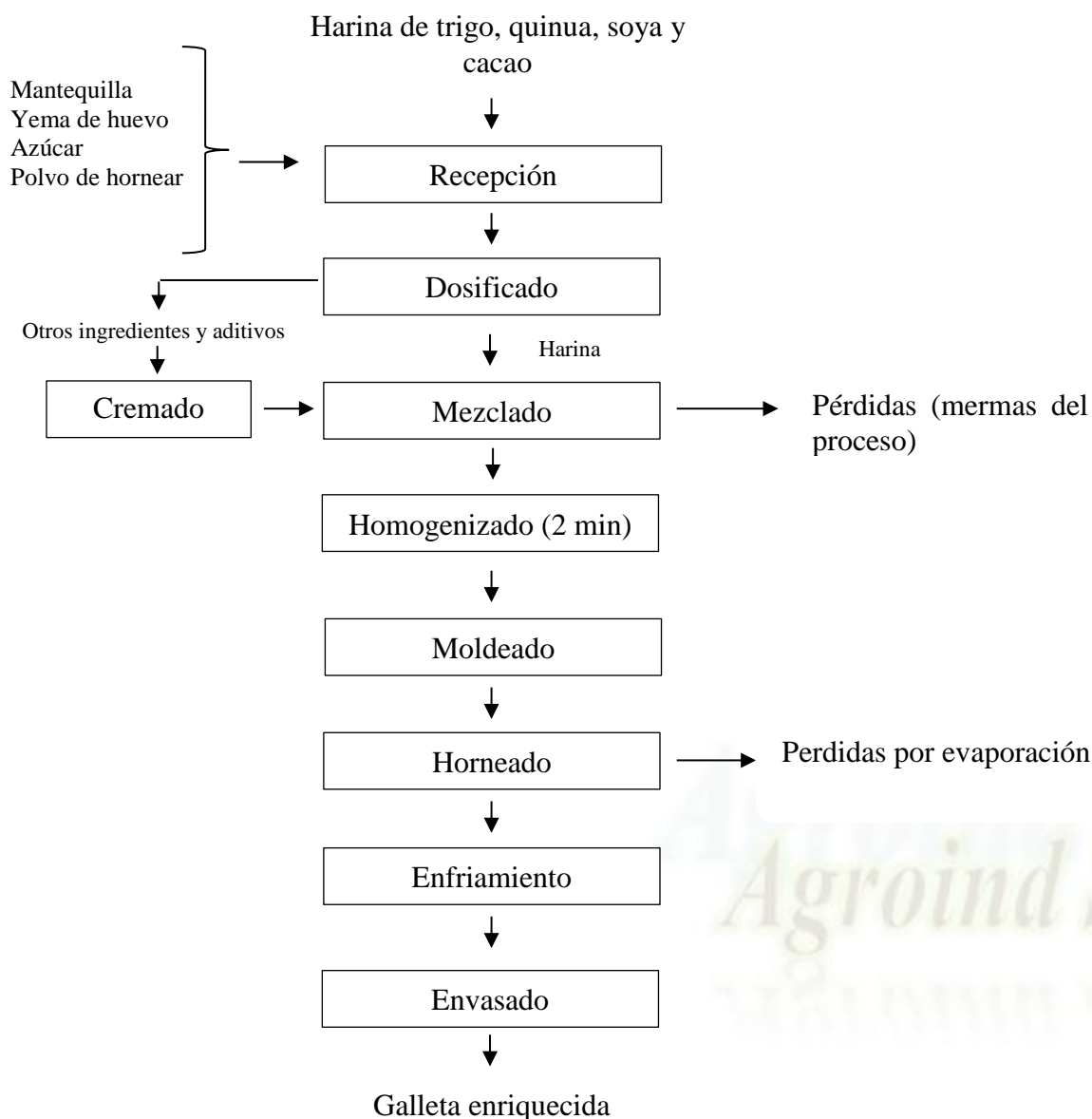


Figura1. Flujograma del proceso de elaboración de galletas enriquecidas.

Evaluación sensorial

30 panelistas no entrenados (consumidores habituales de galletas) evaluaron la aceptabilidad general de cada uno de los tratamientos mediante una escala hedónica de nueve puntos (1 - “me disgusta extremadamente” a 9 “me gusta extremadamente”), dado que esta es una de las escalas más fáciles de comprender por los consumidores (Meiselman y Schutz, 2003).

Determinación de la extensibilidad lineal (E.L.) y la humedad

La E.L. de la masa galletera mezclada y moldeada fue evaluada usando el método de círculos concéntricos que es aplicada en geles de almidón (Barraza y Rojas, 2012; UNEY, 2007) reportando el promedio de la distancia abarcada, luego de 1 min de reposo de la muestra. La humedad de la galleta fue determinada por el método de estufa hasta peso constante (AOAC, 1995).

Diseño estadístico

Se utilizó el Diseño Simplex con Centroides ampliado que corresponde a un diseño de mezclas de la metodología de superficie de respuesta (Thompson y Miers, 1968). El diseño consiste en un triángulo que representa todo el universo de posibilidades de mezcla de los tres componentes evaluados (harinas de quinua, soya y cacao) (Tabla 1).

El análisis estadístico para evaluar la aceptabilidad general fue realizado usando el programa Statistica versión 6.0 (Statsoft USA, 2004) y consistió en el análisis de varianza ($\alpha=0,05$) de los modelos de regresión lineal, cuadrático y cúbico, para escoger el modelo más significativo y de mejor ajuste con el cual se construyó la superficie de respuesta.

3. Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestran los resultados de la prueba hedónica de los tratamientos evaluados, así como los datos de control: humedad final (%) y extensibilidad lineal de la masa.

Se observa que todos los tratamientos permiten obtener galletas con una humedad menor al límite máximo permitido por las normas, 12% de humedad en la NTP 206.001:1981 (INDECOPI PERÚ, 1981) y 8% de humedad en la NMX-F-006-1983 (DGN MEXICO, 1983). Estos valores son favorables desde el punto de vista microbiológico, para su conservación a temperatura ambiente (Bello *et al.*, 2000), y también la baja humedad permite lograr una textura sensorial esperada por el consumidor para este tipo de productos.

Respecto a la extensibilidad lineal de la masa moldeada, puede notarse que los tratamientos T1 y T4 presentaron una mayor extensibilidad, y tuvieron una aceptabilidad alta, hecho que podría deberse a un menor espesor del producto; sin embargo, el tratamiento T8 tuvo una extensibilidad menor, por lo cual es solo una referencia a considerar, en ocasiones es conveniente que este valor sea bajo para evitar que se pierda la forma deseada en el producto final, no obstante las propiedades texturales se ven comprometidas.

Tabla 1. Aceptabilidad general, Extensibilidad lineal de la masa, y humedad de muestras de galleta

Tratamiento	Variables independientes (%)			Respuesta	Datos de control	
	Quinua	Soya	Cacao	Aceptabilidad general	Humedad (%)	Extensibilidad lineal (mm)
1	0.15	0	0	8	7.6	0.6
2	0	0.15	0	6.2	6.1	0.4
3	0	0	0.15	5.8	4.3	0.3
4	0.075	0.075	0	7.4	6.7	0.5
5	0.075	0	0.075	6.4	5.6	0.3
6	0	0.075	0.075	5.7	5.2	0.2
7	0.05	0.05	0.05	6.2	6.5	0.4
8	0.1	0.025	0.025	7.7	7.3	0.3
9	0.025	0.1	0.025	6.3	6.1	0.3
10	0.025	0.025	0.1	5.6	5.9	0.2

Cabeza (2009) señala que una de las características más importantes que ha de tener una harina galletera, es ser muy extensible para procesos sin fermentación. Este parámetro se puede medir en laboratorios e industrias con equipos especiales, sin embargo en situaciones prácticas se propone utilizar una metodología usual en geles (extensibilidad lineal), como un referente ligado a la textura, que debe ser medido, ya que al reemplazar harina de trigo por otras harinas se puede obtener galletas con mejor textura (Bello *et al.*, 2000).

El tratamiento que tuvo mayor aceptabilidad por los panelistas fue el T1, el cual estuvo elaborado solo con harina de quinua como componente sustitutorio y es seguido por el T8 y T4 que tienen una importante presencia de quinua. Mientras que los tratamientos T3, T6 y T10, son los menos aceptados por los panelistas, probablemente por su composición, ya que para los tres casos hay una presencia importante de harina de cacao, lo cual sugiere que esta aporta un sabor no muy agradable. Arroyave y Esguerra (2006) señalan que la harina de quinua es un ingrediente que aporta positivamente en las características sensoriales de los productos. Por otro lado González, 2006 señala el efecto positivo del empleo de la soya en las características de productos de panadería. Sin embargo, lo más resaltante en esta investigación fue la disminución de la aceptabilidad general cuando se emplea harina de cacao, dado que este producto es de aplicación general en fabricación de galletas y productos de repostería y aporta el sabor característico a chocolate que es altamente aceptado por los consumidores (Jiménez, 2008; Pozo, 2009). Sin embargo, una serie de factores puede explicar que no aporte con lo esperado, quizá su contenido graso entre 9% y 12%, su

granulometría, su sabor que está influenciado por su pH, su baja solubilidad o humectabilidad para lo cual debe ser alcalinizada o emplear emulsificantes, asimismo su efecto en el producto final está intrínsecamente relacionado con su interacción con otros ingredientes (Chau *et al.* 2013 y Groot, 2004).

Análisis de varianza

El análisis de varianza de los modelos de regresión de la aceptabilidad general de tipo lineal, cuadrático y cúbico, arrojó valores p de 0.0005 0.2913 0.7179 y R² de 0.8839 0.9502 0.9527 respectivamente. Se puede notar que todos los modelos tienen un valor R² muy alto (>0.85) que indica que el modelo permite predecir adecuadamente la respuesta en este tipo de experimentos (Hour *et al.*; 1980; Aredo *et al.*; 2013; Ricce *et al.*; 2013), sin embargo fue elegido el modelo lineal por ser el único que tiene efecto estadístico significativo (p<0,05), estableciéndose de la siguiente manera:

$$\text{Aceptabilidad general} = 53.83 * \text{Quinua} + 41.16 * \text{Soya} + 35.61 * \text{Cacao} \quad (R^2 = 88.39\%) \quad \text{Ec. 1.}$$

Los coeficientes de la ecuación 1, tienen signos positivos, los que sugieren sinergia, indicando que los efectos combinados o de interacción generan respuestas mayores cuando se mezclan esos componentes. Por otro lado, el signo negativo implica antagonismo entre los componentes, es decir que se producen respuestas menores (Cho *et al.*, 2009). Sin embargo, hay que notar que a pesar de suponer sinergia entre los componentes, por la propia naturaleza del modelamiento lineal, se tiende a una zona donde la presencia de al menos un componente es considerablemente mayor respecto a los otros. En ese sentido se puede señalar que las

sinergias o antagonismos son notorios cuando en un experimento los modelos cuadráticos o cúbicos (cuyas ecuaciones cuentan con elementos de interacción entre las variables) explican lo estudiado.

Análisis por superficie de respuesta

En la Figura 2 se observa las proporciones de harina de quinua, harina de soya y harina de cacao óptimas que permiten obtener la máxima aceptabilidad general en las galletas. Comprobamos como las proporciones de harina quinua, por sí solas presentan un comportamiento positivo muy alto en la aceptación sensorial, mientras que el contenido de harina soya y sobre todo harina de cacao genera los menores valores de aceptación. Confirmando lo observado en la Tabla 1.

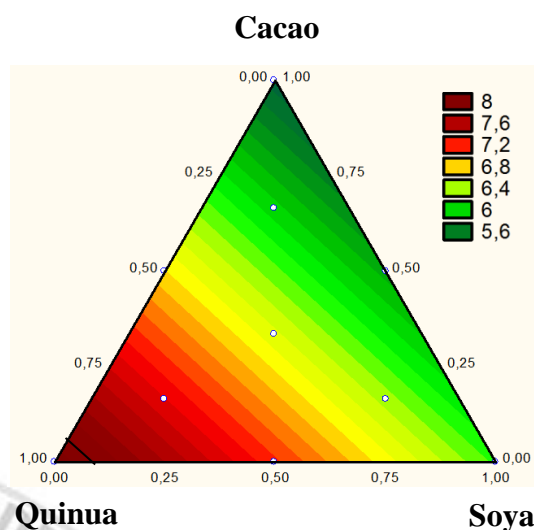


Figura 2. Superficie de respuesta de contorno para la aceptabilidad general de la galleta.

En la Figura 2, la región de interés que indica la máxima aceptabilidad general está representada por la zona de color rojo (Cornell, 2002). Se puede observar que en la sustitución de un 15% de harina de trigo por una mezcla de harina de quinua, soya y cacao, se logra la optimización de la aceptabilidad

general, cuando los componentes se encuentran en los siguientes rangos: 14.1%-15% harina de quinua, 0%-1.5% harina de soya y 0%-0.9% harina de cacao. Luego se realizó una validación experimental preparando galletas con mezclas entre los rangos determinados, encontrando que no hubo diferencia significativa ($p < 0.05$) entre la aceptabilidad general modelada y la aceptabilidad general experimental.

Este caso de aplicación de la metodología de diseño de mezclas, permitió optimizar la aceptabilidad general y constituye una herramienta que permitirá satisfacer las exigencias del consumidor actual por nuevos y mejores productos alimenticios, ya que la rapidez con que se producen los cambios de gustos y preferencias, genera una permanente necesidad de innovar en el desarrollo de productos; en ese sentido hay una necesidad de innovación que va más allá de la inocuidad de los alimentos y contempla también la calidad sensorial. La industria alimentaria, por lo tanto, debe responder a estas exigencias optimizando la calidad sensorial de sus productos, lo que se traduce en maximizar el valor de la aceptación del alimento obtenido a partir de ingredientes determinados, sin que ello suponga un coste excesivo de la producción (Chau *et al.* 2013; Witting de Pena y Villaroel, 2001).

4. Conclusiones

El método de diseño de mezclas permitió optimizar la sustitución de un 15% de harina de trigo por harina de quinua, soya y cacao. Determinando que se logra la optimización de la aceptabilidad general, cuando los componentes se encuentran en los siguientes rangos: 14.1% -15% harina de quinua, 0%-1.5% harina de soya y 0% - 0.9% harina de cacao.

Referencias

- Aredo, V.; Arteaga, A.; Benites, C.; Gamboa, D.; Gerónimo, W.; Ibáñez, D.; Meléndez, M.; Velásquez, L. 2013. Deshidratación osmótica de olluco (*Ullucus tuberosus*) con y sin recubrimiento a diferentes concentraciones de cloruro de sodio y sacarosa. *Agroindustrial Science* 2: 125 – 135
- Arévalo, C.; Catucumbá, H. 2007. Mejoramiento de la calidad de las galletas de harina de trigo mediante la adición de harina de haba (*Vicia faba L.*) y de panela como edulcorante. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Técnica del Norte. Ecuador
- Arroyave, L.; Esguerra, C. 2006. Utilización de la Harina de Quinoa (*Chenopodium quinoa wild*) en el proceso de panificación. [Tesis] Facultad de Ingeniería de Alimentos. Universidad de la Salle.
- Barraza, G.; Rojas, C. 2012. Manual de laboratorio de Análisis y Composición de los Productos Agroindustriales. Universidad Nacional de Trujillo.
- Bello, L.; Sayazo, S.; Villagomez, L.; Montiel, L. 2000. Almidón de plátano y calidad sensorial de dos tipos de galletas. *Agrociencia*, 34: 553-560.
- Benítez, B.; Archile, A.; Rangel, L.; Ferrer, K.; Barboza, Y.; Márquez, E. 2008. Composición proximal, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino. *Revista Interciencia* 33(1).
- Cabeza, S. 2009. Funcionalidad de las materias primas en la elaboración de galletas. Tesis para obtener el grado de master en seguridad y biotecnología alimentaria. Universidad de Burgos. España.
- Cerón, A.; Bucheli, M.; Osorio, O. 2014. Elaboración de galletas a base harina de papa de la variedad Parida Pastusa (*Solanum tuberosum*). *Acta Agronómica*, 63(2).
- Cornell, J. 2002. Experiments with Mixtures: Design, Models and the Analysis of Mixtures 3rd Ed. New York&Sons.
- Cho, R.; Shin, S.; Choi, Y.; Kovach, J. 2009. Development of a multidisciplinary optimization process for designing optimal pharmaceutical formulations with constrained experimental regions. *International journal of advanced manufacturing technology*, 44: 9-10.
- Dirección General de Normas (DGN). Mexico. 1983. NMX-F-006-1983. Alimentos. Galletas.
- Escobar, B.; Estévez, A.; Fuentes, C.; Venegas, D. 2009. Uso de harina de cotiledón de algarrobo (*Prosopis chilensis (Mol) Stuntz*) como fuente de proteína y fibra dietética en la elaboración de galletas y hojuelas fritas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición (ALAN)* 59(2).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2013. Quinoa: Valor Nutricional. Disponible en <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/>
- García, A. y Pacheco, E. 2007. Evaluación de galletas dulces tipo wafer a base de harina de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza B.*). *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía (Colombia)* 60(2): 4195-4212.
- Gordillo, C.; Guerrero, N.; Izáziga, N.; Laguna, B.; Lázaro, M.; Rojas, J. 2012. Efecto de la proporción de naranja (*Citrus sinensis*), papaya (*Carica papaya*) y piña (*Ananas comosus*) en la aceptabilidad sensorial de un néctar mixto. *Agroindustrial Science* 2: 132-138.
- González, P. 2006. Desarrollo de Productos para las Panaderías y Productos Materno Infantil. Disponible en <http://www.wishh.org/workshops/intl/honduras/mar06/gonzalez-mar06.pdf>
- Hour, S.; Ahmed, P.; Rao, C. 1980. Formulation and sensory evaluation of a fruit punch containing watermelon juice. *Journal of Food Science*, 45: 809 – 813.
- Instituto Nacional de Defensa de Consumidor y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) Perú. 1981. NTP 206.001:1981. Galletas. Requisitos. 1 Ed.
- Jiménez, S. 2008. El efecto de la inclusión de harina de cacao en la elaboración de galletas. Tesis. Especialización en Ciencia y Tecnología de alimentos. Universidad Nacional.
- Luna, A. 2006. Valor Nutritivo de la Proteína de Soya. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguas Calientes. 36: 29-34.
- Meiselman, H.; Schutz, H. 2003. History of food acceptance research in the US. *Appetite* 40: 199–216.
- MINCETUR. 2010. Perfil del Mercado y Competitividad Exportadora de Cacao. Disponible en <http://www.mincetur.gob.pe/comercio/otros/pexx/pdfs/Cacao.pdf>
- Mosquera, H. 2009. Efecto de la inclusión de harina de quinoa (*chenopodium quinoa wild*) en la elaboración de galletas. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al Título de especialista en ciencia y tecnología de alimentos. Universidad nacional de Colombia especialización en Ciencia y Tecnología de Alimentos programa interfacultades.

- Ortega, K.; Hernández, D.; Acosta, H. 2013. Desarrollo y caracterización de un producto libre de gluten a base de harinas de maíz, arroz y quinua. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de alimentos*, 22: 29.
- Pozo, G. 2009. La harina fina tostada de algarroba como sustituto del polvo de cacao: tecnología y mercado. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura.
- Ricce, C.; Leyva, M.; Medina, I.; Miranda, J.; Saldarriaga, L.; Rodriguez, J.; Siche, R. 2013. Uso de residuos agroindustriales de La Libertad en la elaboración de un pan integral. *Agroindustrial Science* 1: 41 – 46.
- Rojas, C.; Tripaldi, P.; Pérez, A.; Quinteros, P. 2012. Diseño experimental y métodos de decisión multicriterio para optimizar la composición del helado mantecado. *Scientia Agropecuaria* 1: 51-60.
- _____. 2007. Factores que afectan la gelatinización y gelificación de almidones - Practicas integrales II. UNEY. Universidad Nacional Experimental del Yaracuy.

